

タンデム正方形角柱のインライン振動特性に与えるアスペクト比および角柱間隔の影響

九州工業大学大学院 学生会員 ○井上遥奈 中村雄太

九州工業大学大学院 正会員 松田一俊 加藤九州男

1. はじめに

1968年から1969年ごろ、イギリスで報告された海洋構造物の潮流によるインライン(流れ方向)振動や、1995年12月に起こった高速増殖炉「もんじゅ」の二次冷却系配管室におけるナトリウム漏洩事故など、構造物がインライン振動を起こすことが確認されている。角柱のインライン振動に関する研究は、様々な研究機関の風洞施設で実験が行われているが、風洞測定部断面の大きさが異なるため、実験で使用する模型のアスペクト比 L/D (L :模型長, D :模型高さ)も異なる。既往の研究¹⁾²⁾によると、正方形角柱単独の場合および角柱間隔 S/D (S :直列に配置した2角柱の間隔, D :模型高さ)=0.5のタンデム配置の場合、アスペクト比の増加に伴い、最大応答振幅も増加している。しかし、 $S/D=3.5$, 4.0のタンデム配置の場合、異なる傾向が得られており、 $S/D=1.0\sim 3.0$ については未検討である。

本研究は、複数構造物としてタンデム正方形角柱(直列2角柱)を対象に、未だ確認されていないアスペクト比 $L/D=2.44\sim 4.44$ かつ角柱間隔 $S/D=1.0\sim 3.0$ におけるインライン振動の応答特性を明らかにすることにより、アスペクト比および角柱間隔がタンデム正方形角柱のインライン振動の応答特性に及ぼす影響について調査することを目的とした。

2. 風洞実験概要

本研究では正方形角柱をタンデム配置させた水平1自由度ばね支持実験を行う。模型は幅 $B=0.18$ (m)、高さ $D=0.18$ (m)、模型長 $L=0.80$ (m)の正方形角柱である。風洞測定部における閉塞率(=模型代表長(mm)/風洞断面高さ(mm) $\times 100$ (%))は10%とした。使用した風洞は、九州工業大学の回流式空力弾性試験用風洞(測定部断面:高さ1.78m $\times$ 幅0.91m)である。付加部材により模型長 L を変化させ、アスペクト比 $L/D=2.44, 3.11, 3.78, 4.44$ の4種類を用いる。また直列に配置した2角柱の間隔を変化させ、角柱間隔 $S/D=1.0, 2.0, 3.0$ で実験を行う。風洞内設置状況および角柱間隔模式図を、それぞれ図1および図2に示す。

3. 実験結果及び考察

3.1 アスペクト比がインライン振動に及ぼす影響

図3に $S/D=1.0$ の場合の応答図を示す。上流側角柱に対するアスペクト比の影響はほとんど見られず、下流側角柱においても一貫した傾向は

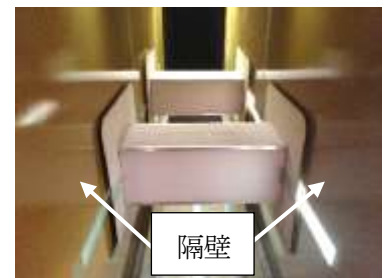


図1 風洞内設置状況

($L/D=2.44$, $S/D=3.0$)

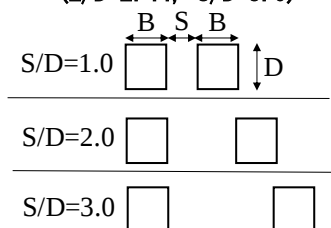
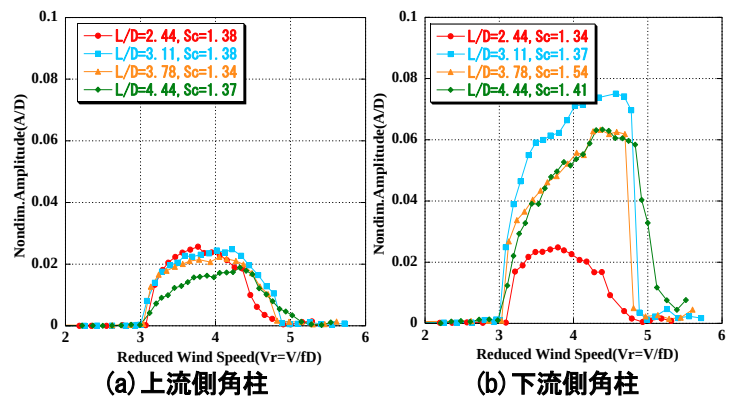


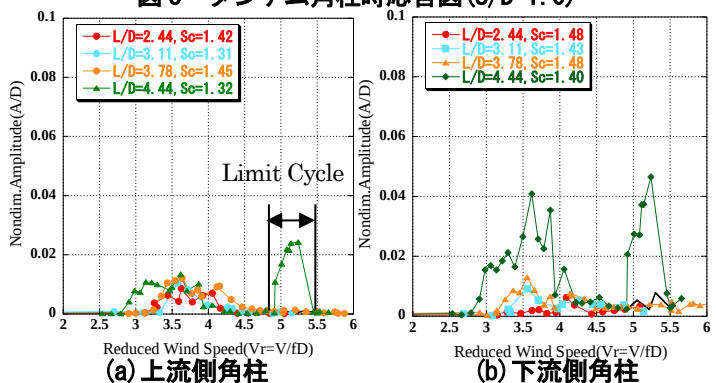
図2 角柱間隔模式図



(a) 上流側角柱

(b) 下流側角柱

図3 タンデム角柱時応答図($S/D=1.0$)



(a) 上流側角柱

(b) 下流側角柱

図4 タンデム角柱時応答図($S/D=2.0$)

キーワード インライン振動, タンデム正方形角柱, アスペクト比, 角柱間隔, ばね支持実験, 流れの可視化
連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 (093)884-3466

見られなかった。

次に図4に $S/D=2.0$ の場合の応答図を示す。 $S/D=1.0$ と同様に上流側角柱に対するアスペクト比の影響はほとんど見られないが、下流側角柱ではアスペクト比の増加に伴う最大応答振幅の増加が確認できた。また、 $L/D=4.44$ 、上流側角柱の高速流域での振動は、初期変位を与えた場合に応答振幅が増大する不安定なリミットサイクルである。これは金沢大学での既往の研究³⁾でも確認されており、ある程度以上の振幅を与えることで角柱間に渦が交互に形成され、不安定なリミットサイクルが発生すると考えられる。

図5に $S/D=3.0$ の場合の応答図を示す。上流側角柱では、交互渦によって励起される第二励振域で、アスペクト比の増加に伴う最大応答振幅の増加が確認された。またそれに伴い、下流側角柱の応答振幅も増加している。よって、タンデム正方形角柱のインライン振動においては、アスペクト比は交互渦に大きく影響を与えることが推察される。

3.2 角柱間隔がインライン振動に及ぼす影響

本研究において、アスペクト比の大きさに関わらず、角柱間隔の違いが応答に与える影響は同様であった。よってここでは一例として $L/D=2.44$ の場合の応答図を図6に示す。タンデム正方形角柱のインライン振動において、角柱間隔 $S/D=2.0$ の最大応答振幅が最も小さくなることが確認できた。これは、図7から図9の既往の研究²⁾の流れの可視化結果より、他の角柱間隔の場合に比べて $S/D=2.0$ では角柱間に明確な渦の生成がほとんど認められないことが原因として考えられる。

4. まとめ

アスペクト比に着目すると、下流側角柱については $S/D=2.0$ 、 3.0 ではアスペクト比の増加に伴う応答振幅の増加が見られた。一方、上流側角柱については明確な傾向は確認できなかった。

角柱間隔については、上流側角柱、下流側角柱共に、 $L/D=4.44$ 以外のアスペクト比において $S/D=2.0$ の場合の最大応答振幅が最小となった。

参考文献

- 1) 佐藤誠ら：タンデム角柱のインライン振動特性に与えるアスペクト比及び固有振動数相対誤差の影響に関する実験的検討，平成25年度土木学会西部支部研究発表会公演概要集，pp.63-64，2014。
- 2) 荒津樹：流れ場のヒステリシス領域におけるタンデム配置正方形角柱のインライン振動特性，九州工業大学大学院修士論文，2016。
- 3) 岡島厚ら：直列2角柱の流れ方向流力振動に関する研究，日本機械学会論文集(B編)，73巻725号，pp.76-84，2007。

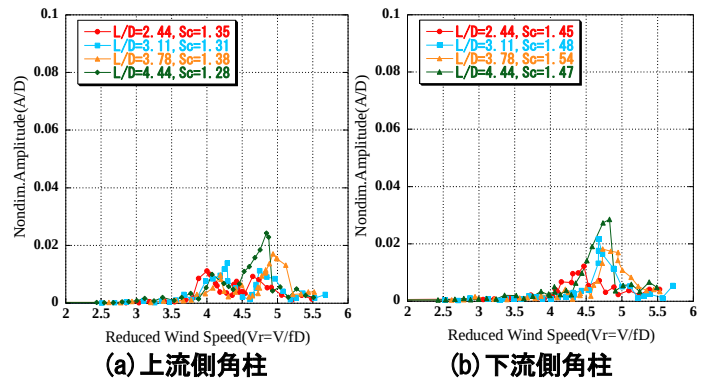


図5 タンデム角柱時応答図($S/D=3.0$)

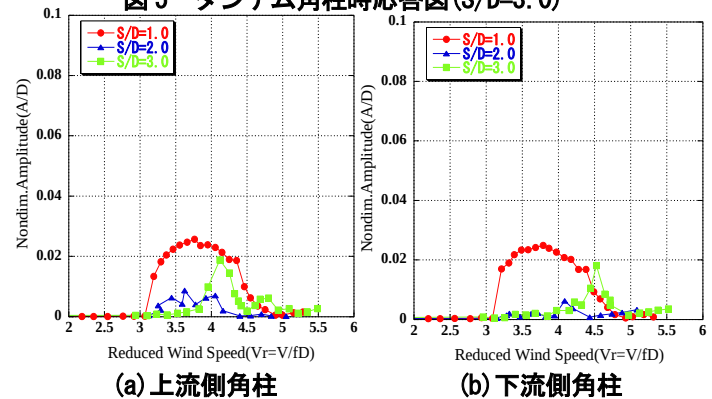


図6 タンデム角柱時応答図($L/D=2.44$)

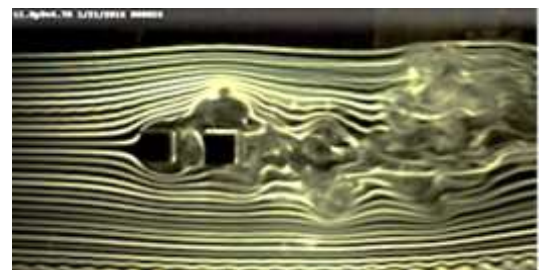


図7 流れの可視化実験 ($S/D=1.0$, $Vr=4.70$)

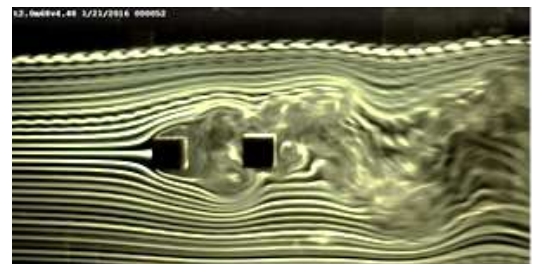


図8 流れの可視化実験 ($S/D=2.0$, $Vr=4.48$)

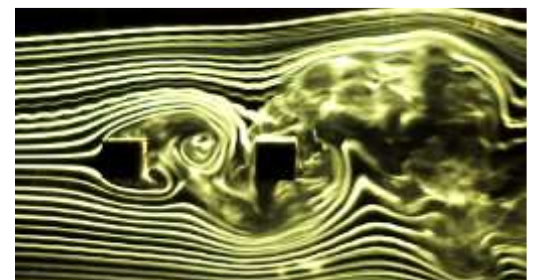


図9 流れの可視化実験 ($S/D=3.0$, $Vr=4.53$)